



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 **Offenlegungsschrift**  
10 **DE 100 17 453 A 1**

21 Aktenzeichen: 100 17 453.1  
22 Anmeldetag: 7. 4. 2000  
43 Offenlegungstag: 25. 10. 2001

51 Int. Cl. 7:  
**B 23 K 20/16**  
B 23 K 35/24  
B 23 K 1/005

DE 100 17 453 A 1

71 Anmelder:  
AUDI AG, 85057 Ingolstadt, DE

72 Erfinder:  
Korte, Michael, Dipl.-Ing., 85055 Ingolstadt, DE;  
Haldenwanger, Hans-Günther, Prof. Dr., 85055  
Ingolstadt, DE; Waldmann, Hans, Dipl.-Ing., 91052  
Erlangen, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:

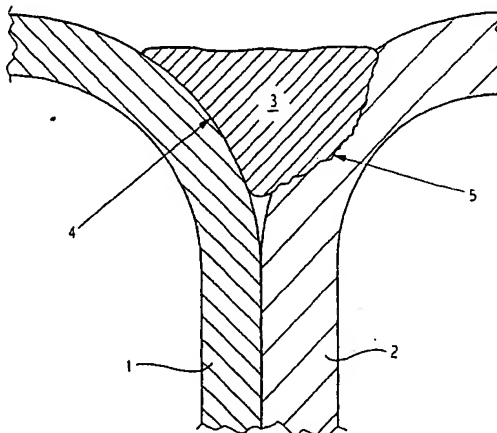
DE 33 04 556 A1  
DE 15 33 549 A1  
DE 14 40 291 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Verfahren zur Herstellung einer Schweiß- bzw. Lötverbindung

57 Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung einer Schweiß- bzw. Lötverbindung zwischen einem Stahl- und einem Aluminiumwerkstoff (1, 2) unter Verwendung eines Zusatzwerkstoffes (3), wobei der Stahlwerkstoff (1) zuvor zumindest im Bereich der herzustellenden Verbindung mit einer Beschichtung versehen wird. Eine Verbindung, bei der das Auftreten intermetallischer Phasen soweit als möglich bzw. gänzlich vermieden wird, so dass die Verbindung hohen mechanischen Beanspruchungen standhält, ist dadurch erreichbar, dass sowohl für den Zusatzwerkstoff (3) als auch für die Beschichtung ein Werkstoff auf Zink-Basis verwendet wird.



DE 100 17 453 A 1

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung einer Schweiß- bzw. Lötverbindung zwischen einem Stahl- und einem Aluminiumwerkstoff unter Verwendung eines Zusatzwerkstoffes, wobei der Stahlwerkstoff zuvor zumindest im Bereich der herzustellenden Verbindung mit einer Beschichtung versehen wird.

[0002] Auf dem Wege zum Leichtbau, insbesondere im Fahrzeug-Karosseriebau, wird zunehmend auch der Weg der Mischbauweise beschritten. Dies bringt die Notwendigkeit mit sich, unterschiedliche Werkstoffe, wie beispielsweise Stahl und Aluminium oder auch Magnesium, mittels thermischer Verbindungen (Schweißen, Löten) zu fügen. Als Beispiel für eine Vielzahl bereits vorliegender Veröffentlichungen hierzu wird auf den Aufsatz "Verfahren zum Laserstrahl-fügen von Aluminium mit Stahl im Dünnblechbereich" in - Schweißen und Schneiden -, 48.1996, 3, Seiten 187 bis 189 verwiesen.

[0003] Auch die DE 33 04 556 A1 behandelt diese Thematik und beschreibt ein Verfahren zur Herstellung von Aluminium-Stahlübergangsstücken durch Löten. Dabei wird das Stahl-Übergangsstück teilweise durch Aluminium beschichtet, wobei eine Aluminiumlegierung aufgebracht wird, die aus einer Aluminium-Siliziumlegierung mit 11% bis 13,5% Siliziumanteil besteht.

[0004] Beim Schweißen/Löten von Aluminiumwerkstoffen mit Stahlwerkstoffen treten intermetallische, spröde Phasen sowohl in der Schweißnaht als auch an der Fest/Flüssigphasengrenze (d. h. Übergang Schmelze zu Grundwerkstoff) auf. Diese intermetallischen Phasen beeinträchtigen maßgeblich den technologischen Gebrauchswert des geschweißten Bauteiles.

[0005] Vom bekannten Stand der Technik ausgehend ist es die Aufgabe der Erfindung, ein geeignetes Verfahren zur Herstellung einer Schweiß- bzw. Lötverbindung zwischen einem Stahl- und einem Aluminiumwerkstoff zu finden, bei dem das Auftreten intermetallischer Phasen soweit als möglich bzw. gänzlich vermieden wird, so dass die Verbindung hohen mechanischen Beanspruchungen standhält.

[0006] Die erfindungsgemäße Lösung ist bei einem Verfahren gemäß Oberbegriff des Patentanspruches 1 in dessen Kennzeichen zu sehen. Vorteilhafte Weiterbildungen und Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens werden durch die Unteransprüche beansprucht.

[0007] Erfindungsgemäß erfolgt die Verbindung zwischen dem Zusatzwerkstoff und der auf dem Stahlwerkstoff vorliegenden Beschichtung (z. B. Verzinkung), um die Bildung spröder Phasen zu unterdrücken. Es sind so Verbindungen herstellbar, deren Verbindungsfestigkeit mindestens so hoch ist wie die Haftung der Beschichtung auf dem Stahlwerkstoff.

[0008] Der neuartige Gedanke ist also z. B. der Einsatz eines speziellen Schweißzusatzwerkstoffes auf Zink-Basis. Damit einher geht der Vorteil, dass kein Flussmittel benötigt wird und Fügegeometrien in Aluminium-Stahl-Mischbauweise hergestellt werden können, die z. B. mittels reiner Lötverfahren (mit Einsatz von Flussmitteln) oder Diffusionsschweißverfahren nicht oder nur eingeschränkt herstellbar sind. Bei der Erfindung handelt es sich um ein Verbindungsverfahren, bei dem durch den Einsatz von Zink-Basis-Schweißzusatzwerkstoffen eine schmelzmetallurgische (d. h. klassische) Schweißverbindung auf der Seite des Aluminiumwerkstoffes und eine Art Lötverbindung mit einer bevorzugt werkstoff-spezifisch "ähnlichen" Zinkschicht auf dem Stahlwerkstoff zustande kommt. Dies bedeutet, dass sich die Erfindung in besonderer Weise zum Verbinden von Aluminiumwerkstoffen mit verzinkten (z. B. elektrolytisch oder feuerverzinkten) Stahlwerkstoffen eignet, wie sie beispielsweise im Fahrzeug-Karosseriebau zum Einsatz kommen.

[0009] Für das Zustandekommen der Anbindung auf der Stahlseite steht also im Vordergrund, dass der Stahlwerkstoff angepasst an den Schweißzusatzwerkstoff in geeigneter Weise beschichtet ist und somit die Schmelze nicht mit dem Stahlwerkstoff in schmelzflüssigen Kontakt kommt. Diese Schicht kann eine gebräuchliche Zink-Schicht sein, die bereits bei der Stahlblechherstellung aufgebracht ist oder aber auch eine andere, speziell über klassische Beschichtungsverfahren (z. B. thermisches Spritzverfahren) hergestellte Beschichtung im Bereich der Fugestelle, z. B. eine metallurgisch an den Schweißzusatzwerkstoff angepasste metallische Schicht. Besonders geeignet erscheint eine Beschichtung auf Aluminium-Basis.

[0010] Für die schmelzmetallurgische Anbindung des Zink-Basis-Schweißzusatzwerkstoffes an den Aluminiumwerkstoff ist werkstoffkundlich (d. h. von der Legierungskonstitution des Schweißzusatzwerkstoffes) bedeutsam, dass Aluminium eine sehr hohe Mischkristalllöslichkeit für Zink aufweist (typischerweise größer 30 Gewichtsprozent Zink).

[0011] Die Erfindung ist nachstehend beispielhaft erläutert und in der zugehörigen Zeichnung dargestellt. Dabei zeigt

[0012] Fig. 1 eine erfindungsgemäß hergestellte Verbindung in Schnittdarstellung und

[0013] Fig. 2a bis 2c vorteilhafte Ausrichtungen bezüglich Laserstrahl und Zusatzwerkstoff-Zufuhr

[0014] In Fig. 1 ist eine erfindungsgemäß hergestellte Verbindung im Schnitt gezeigt. Dabei ist ein oberflächlich verzinktes Stahlblech 1 mit einem Aluminium-Blechbauteil 2 über einen mittels Laserstrahl gelöteten Zusatzwerkstoff 3 verbunden. Anhand der Grenzlinien 4, 5 ist ersichtlich, dass es sich bei der Verbindung Stahlblech 1/Zusatzwerkstoff 3 im Wesentlichen um eine Lötverbindung handelt, während an der Übergangsstelle Aluminium-Blechbauteil 2/Zusatzwerkstoff 3 ein Aufschmelzen des Aluminium-Werkstoffes erfolgt ist, es sich somit um eine Schweißverbindung handelt. Auf Seiten des Stahlbleches 1 erfolgte lediglich ein Anschmelzen/Aufschmelzen der Beschichtung.

[0015] Durch die Verwendung eines zinkhaltigen Zusatzwerkstoffes 3 wird die physikalische Eigenschaft "Benetzung" begünstigt, da bei der Anbindung an das verzinkte Stahlblech 1 gleiche kristallographische (d. h. mit gleichem Kristallgitter) Werkstoffe vorliegen.

[0016] Zwei Ausführungsbeispiele der Erfindung, die sich durch besonders gute mechanische Belastbarkeit der jeweils hergestellten Verbindung auszeichnen sind, nachstehend tabellarisch angegeben:

Stahlwerkstoff	DC04 + ZE 75/75	DC04 + ZE 75/75
Aluminiumwerkstoff	AC120T6	5182
Blechedicke – Stahl (mm)	0,9	0,9
Blechedicke – Alu (mm)	1,1	1,1
Verbindungsverfahren	Laserlöten	Laserlöten
Vorschub-Laser (m/min)	2	2
Vorschub-Zusatzwerkstoff (m/min)	1,2	1,0
Laserleistung (KW)	1,8	1,8
Zusatzwerkstoff	ZnAl 15	ZnAl 15

[0017] Eine Optimierung der Güte der Verbindung ist durch eine bestimmte Ausrichtung eines zur Herstellung der Verbindung verwendeten Laserstrahles 6 und der Zusatzwerkstoff-Zufuhr 7 erreichbar. Dies zeigen die Fig. 2a bis 2c.

[0018] Gemäß Fig. 2a ist es vorteilhaft, wenn der Laserstrahl in einem Winkel  $\alpha = 0^\circ$  bis  $15^\circ$ , und zwar in Richtung auf das Aluminium-Blechteil 2 gerichtet ist. Gemäß Fig. 2b ist eine vorteilhafte Ausrichtung des Laserstrahles 6 in bzw. entgegen Vorschubrichtung x (Schweiß- bzw. Lötnahtverlauf) in einem Winkelbereich  $-30^\circ \leq \beta \leq +30^\circ$  zu sehen. Gemäß Fig. 2c erfolgt die Zusatzwerkstoff-Zufuhr 7 in bzw. entgegen Vorschubrichtung x in einem Bereich  $-85^\circ \leq \gamma \leq -45^\circ$  bzw.  $+45^\circ \leq \gamma \leq +85^\circ$ .

#### Patentansprüche

- Verfahren zur Herstellung einer Schweiß- bzw. Lötverbindung zwischen einem Stahl- und einem Aluminiumwerkstoff unter Verwendung eines Zusatzwerkstoffes, wobei der Stahlwerkstoff zuvor zumindest im Bereich der herzustellenden Verbindung mit einer Beschichtung versehen ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass für den Zusatzwerkstoff (3) Materialien auf Zink-Basis und für die Beschichtung auf dem Stahlwerkstoff (1) Materialien auf Zink- oder Aluminium-Basis verwendet werden.
- Verfahren nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch die Verwendung einer ZnAl-Legierung als Zusatzwerkstoff (3).
- Verfahren nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch eine Ausrichtung a eines zur Herstellung der Schweiß- bzw. Lötverbindung verwendeten Laserstrahles (6) im Bereich  $0^\circ \leq \alpha \leq 15^\circ$  in Richtung auf den Aluminiumwerkstoff (2) durch einen Neigungswinkel  $\beta$  des Laserstrahles (6) in bzw. entgegen der Vorschubrichtung x im Bereich  $-30^\circ \leq \beta < +30^\circ$ , und durch eine Neigung  $\gamma$  einer Zusatzwerkstoff-Zufuhr 7 in bzw. entgegen der Vorschubrichtung x im Bereich  $-85^\circ \leq \gamma \leq -45^\circ$  bzw.  $+45^\circ \leq \gamma \leq +85^\circ$ .
- Verfahren nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch folgende Parameter:  
Stahlwerkstoff DC04 + ZE 75/75; Aluminiumwerkstoff AC120T6; Blechedicke des Stahles 0,9 (mm); Blechedicke des Aluminiumwerkstoffes 1,1 (mm); Laserlöten; Laservorschub 2,0 (m/min); Zusatzwerkstoff Vorschub 1,2 (m/min); Laserleistung 1,8 (KW); Zusatzwerkstoff ZnAl15.
- Verfahren nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch folgende Parameter:  
Stahlwerkstoff DC04 + ZE 75/75; Aluminiumwerkstoff 5182; Blechedicke des Stahlwerkstoffes 0,9 (mm); Blechedicke des Aluminiumwerkstoffes 1,1 (mm); Laserlöten; Laservorschub 2,0 (m/min); Zusatzwerkstoff Vorschub 1,0 (m/min); Laserleistung 1,8 (KW); Zusatzwerkstoff ZnAl15.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

Int. Cl. 7:

B 23 K 20/16

Offenlegungstag:

25. Oktober 2001

FIG 1

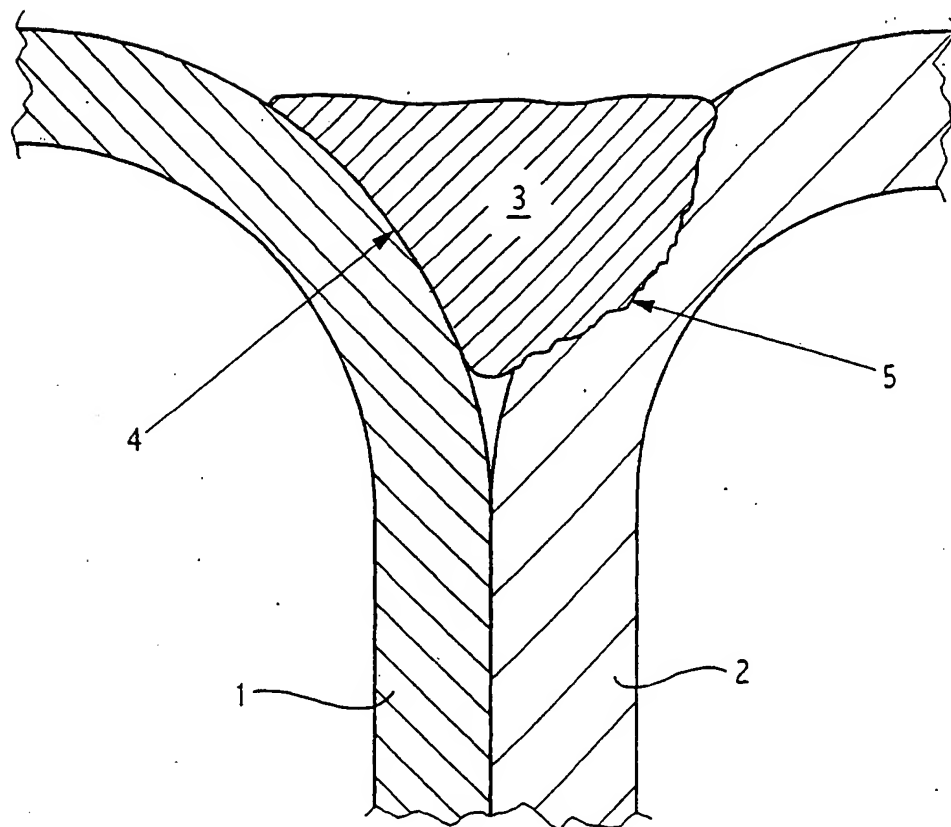


FIG. 2a

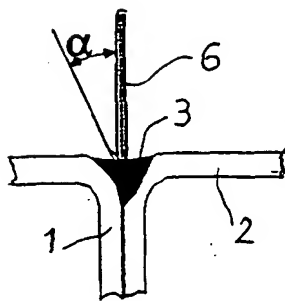


FIG. 2b

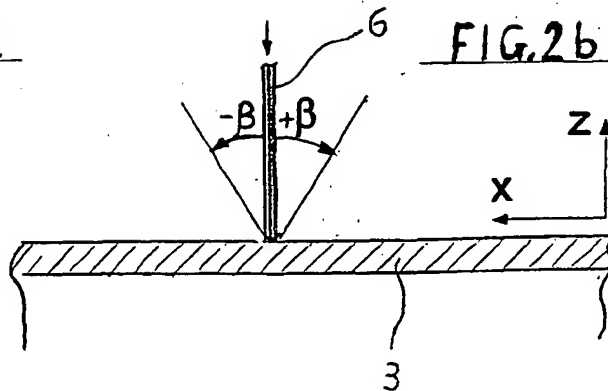


FIG. 2c

